

油气储运场站管道设备腐蚀检测技术的应用与优化

翁建军（新疆新捷能源有限公司博州城市燃气分公司，新疆 博尔塔拉 833400）

摘要：油气储运场站管道设备的安全运行关乎油行业的稳定发展，而腐蚀问题是威胁其安全的重要因素。本研究以具体的油气储运场站管道设备案例为基础，重点探讨了超声波检测技术在场站管道设备腐蚀检测中的应用，分析了该技术应用过程中存在的不足，并针对性地提出了优化策略，希望能够为提高油气储运场站管道设备腐蚀检测的准确性与检测效率提供参考，确保油气储运能够稳定运行。

关键词：油气储运；场站；管道设备；腐蚀检测；超声波检测技术；优化策略

中图分类号：TE988

文献标识码：A

文章编号：1674-5167(2025)029-0163-03

Application and optimization of corrosion detection technology for pipeline equipment in oil and gas storage and transportation stations

Weng Jianjun(Xinjiang Xinjie Energy Co., LTD. Bozhou city gas branch Bortala Mongolian Autonomous Prefecture, Xinjiang Uygur Autonomous Region 833400, China)

Abstract: The safe operation of pipeline equipment at oil and gas storage and transportation facilities is crucial for the stable development of the industry, with corrosion posing a significant threat to safety. This study focuses on ultrasonic detection technology applied in corrosion monitoring of pipeline equipment at storage stations, using specific case studies as a foundation. It analyzes existing limitations in the technology's implementation and proposes targeted optimization strategies. These efforts aim to enhance both the accuracy and efficiency of corrosion detection in pipeline systems, thereby ensuring stable operations in oil and gas storage and transportation facilities. **Keywords:** oil and gas storage; field stations; pipeline equipment; corrosion detection; ultrasonic detection technology; optimization strategies

Key words: oil and gas storage and transportation; station; pipeline equipment; corrosion detection; ultrasonic detection technology; optimization strategy

石油和天然气都是重要的能源，是国民经济的重要支柱，尤其是石油天然气是经济建设的发展离不开的重要资源，油气储运是连接上游与下游的重要环节，特别是油气储运场站内的管输设备更是对油气的储存及输送发挥着作用。但是由于油气储运场站中的管道设备长时间处于管输过程中，油气设备经常会被油气介质、土壤和空气等环境腐蚀，所以产生设备腐蚀的问题是无法避免的。如果管道长期处于腐蚀性较强的环境下，其将会对设备本身会造成一定的损害，甚至是出现被损毁的情况。严重时可能会导致造成油气泄漏的现象，甚至会造成严重的火灾或爆炸恶性事故的发生，形成非常大的损失，危害到了人们的生产生活乃至环境。因此，针对油气储运场站管道设备开展适时、准确的腐蚀检测以及积极应对地防控其腐蚀情况，是实现油气储运安全保障的重要措施。

1 管道设备概况

以某大型油气储运场站为例。该场站建于2005年，主要用于原油和天然气的储存和中转任务，占地约为50万m²，共有多条管线共80km，其中直径150mm-1200mm不等，管线主要采用碳钢管材。场站管道设备的运行环境较为复杂，部分管道埋于地下，与土壤直接接触，土壤类型以黏土和砂土为主，土壤的pH

值在5.5-7.0之间，且含水量较高，具有较强的腐蚀性。部分管道为架空铺设，暴露在大气环境中，该地区气候湿润，年平均相对湿度在70%以上，且空气中含有一定量的工业污染物。同时，管道输送的原油中含有硫化氢、有机酸等腐蚀性成分，天然气中含有大量的二氧化碳等腐蚀性气体。

经过多年的运行使用，场站部分管道设备出现不同程度的腐蚀问题，2022年在一次定期检验时发现部分埋地管道、架空管道壁厚减薄、局部点蚀等问题，对场站的安全运行造成隐患。为了解管道设备的真实腐蚀情况，该场站决定利用超声波检测技术对场站管道设备进行全面检测。

2 油气储运场站管道设备腐蚀检测技术应用

2.1 超声波检测技术的选用依据

结合该油气储运场站的工程概况，选择超声波检测技术进行管道设备腐蚀检测主要基于以下几方面原因。一方面，该场站的管道设备以碳钢为主，而超声波检测技术对碳钢等金属材料具有良好的检测适用性。碳钢的声阻抗特性使得超声波在其中能够较好地传播，反射信号清晰，便于对腐蚀缺陷进行识别和分析。另一方面，针对场站管道存在壁厚减薄、局部点蚀等问题，应用超声波检测技术能较好地解决该类问

题。用超声波检测技术可实现管道壁厚的变化量的检测，并且还能比较准确地测得局部点蚀位置以及局部点蚀程度，达到检测需求。同时，超声波检测技术具有速度快、对人体伤害力度小等优势，并且其可以实现在线检测，有利于在复杂的环境下使用^[1]。

2.2 超声波检测技术的实施过程

超声波检测技术应用于油气储运场站管道设备腐蚀检测的实施步骤主要有以下几项：

首先，做好检测前准备工作。对需要检测的管段进行清扫清理，将管段表面的铁锈、油污涂层等杂物清除，使超声波探头能充分接触管壁。根据管道的大小、材质等因素，选配合适的超声波探头和耦合剂，对于管径较小的选用小直径探头，曲面管段部位选用曲面探头，由于机油耦合性好，超声波经过其传递时能量损耗少。

其次，做好校准工作。使用标准试块对超声波检测仪进行校准，保证仪器测得数据符合要求，其校准内容包括：声速校准、灵敏度校准等，通过校准达到仪器能正确测得管道壁厚，以及检测腐蚀缺陷。

再次，进行现场检测，使用超声波探头涂抹耦合剂后贴紧管道外壁，按预先设定好的检测路径进行扫描，路径为螺旋式或平行式，确保其能够全面覆盖检测区域，在检测的过程中实时记录下超声波反射信号，用检测仪的屏幕观察波形的变化来判断是否出现了腐蚀的缺陷，如果出现了可疑信号，则需要对其进行反复检测和分析，从而判断出其缺陷的性质、缺陷的具体部位以及大小^[2]。

最后，收集整理检测数据，将现场检测记录数据及波形图等信息记录存档，并应用专业软件对检测到的数据进行分析处理，形成检测报告。在检测报告中

包含管道的基本情况、检测位置、腐蚀缺陷处所的位置、深度、面积等参数，为后期对管道设备进行维护更换做准备。

2.3 超声波检测技术的应用结果

将超声波检测技术应用于该油气储运场站管道设备后，超声波检测技术发挥了较大的检测作用。一方面，精确检测了多个区间管子壁厚减薄量的情况，在对埋地管道进行检测后，发现有3处管道壁厚减薄较大，壁厚减薄最大量为原始壁厚的30%。通过对架空管道检测发现有5处管道壁厚减薄，其中2处减薄量大于原始壁厚20%。管子壁厚减薄位置主要分布在管道的弯头、三通等应力集中区及容易接触到腐蚀性的介质的位置。另一方面，经过检测发现了多处局部点蚀缺陷，在检测过程总发现共有8处管道表面出现点蚀，其点蚀深度0.5~3mm范围内，且点蚀面积不同。通过点蚀缺陷的分析可知其主要集中在管道焊接接头附近、管道底部等易积水的部位，根据检测结果对该场站进行整改，对存在严重腐蚀缺陷的管段进行了更换，对腐蚀较轻部位采取了防腐措施，避免了因腐蚀引发的事故。为了更好的将检测的结果进行体现，将部分典型的管道腐蚀检测数据汇总到表1中。

2.4 超声波检测技术应用中的不足分析

虽然超声波检测技术可以用于某场站管道设备腐蚀检测，并且取得了较好的效果，但是在实际应用中还存在一定的缺陷与不足。

在检测范围内，针对部分比较复杂的结构管道区域中，由于超声波穿透受干扰大，很难检测到这部分区域存在的腐蚀缺陷。数据处理的速度较慢，在数据量大的情况下采用人工处理的方法工作强度大，并且容易出错，无法满足短时间内做出精准地判定设备维

表1 某油气储运场站部分管道腐蚀检测结果表

管道类型	管道编号	检测部位	腐蚀类型	最大减薄量 (mm)	原壁厚 (mm)	减薄比例 (%)	点蚀深度 (mm)	点蚀数量(个)
埋地管道	MD-01	弯头处	壁厚减薄	3.6	12	30	-	-
埋地管道	MD-05	直管段	壁厚减薄	2.1	10	21	-	-
埋地管道	MD-12	三通处	壁厚减薄	1.8	11	16.4	-	-
架空管道	JK-03	底部	壁厚减薄	2.4	10	24	-	-
架空管道	JK-08	焊接接头附近	壁厚减薄	1.9	12	15.8	2.5	3
架空管道	JK-15	直管段	壁厚减薄	1.2	10	12	1.8	2
架空管道	JK-20	底部	壁厚减薄	0.9	9	10	0.5	5
架空管道	JK-26	弯头处	壁厚减薄	2.2	11	20	3.0	1

修需求。同时现场作业的环境比较差，当工作环境温度较高或者湿度较大的情况下，探测仪器无法发挥正常的功能，探头和管道表面不易耦合，导致检测的结果不准确^[3]。

3 油气储运场站管道设备腐蚀检测技术优化

3.1 针对检测区域局限性的优化

在使用超声波检测过程中发现，设备腐蚀检测技术对管道内复杂的结构是检测不出的，尤其是针对管道的阀门、法兰等部件是很难精准地检测，并且超声波受到管内的阻碍，从而无法对腐蚀缺陷进行检测。

针对以上方法，一方面可以利用多探头组合检测技术，在管道内部结构的基础上，合理安排不同角度、不同类型探头的位置，并从多个角度、多个位置处检测管道内部复杂结构部位，从而减小结构干扰的影响。如在阀门附近区域同时使用直探头和斜探头进行检测，直探头检测管道壁厚，斜探头检测阀门连接管道处的腐蚀缺陷等。与此同时，借助数值模拟手段进行辅助分析，利用有限元分析软件建立管道内部复杂结构数值模型，模拟超声波在管道内复杂结构处传播路径及反射情况，并根据模拟结果指导现场检测，可提高管道内复杂结构部位腐蚀缺陷的辨识度。此外，应用上述优化措施之后，有利于提高超声波检测技术对管道内部复杂结构部位腐蚀缺陷检测的准确度。

3.2 针对现场检测环境适应性差的优化

此处的油气储运场站现场条件比较复杂，且受高温、潮湿、粉尘等不良因素影响较大，超声波检测技术的应用时效果并不理想，影响其稳定运行。为了提高超声波检测技术对现场复杂环境的适用能力，在检测方面也要做出相应的改进措施^[4]。选择使用耐高温防水防尘的超声波检测仪和探头，在恶劣的环境下可以保证超声波检测仪的正常使用，如选用密封性好且有效的探头外壳，防止尘土和水分进入探头内，影响检测精度，选择耐高温性能好的电子元器件等^[5]。另一方面，在优化检测工艺方面，在潮湿环境下应选择抗水耦合剂，并确保探头和管道之间的良好耦合。在灰尘较大的地方需要加大清理频率或者使用防护罩保护探头，从而降低灰尘对检测造成的影响，为了不影

响检测工作质量和人员生命安全，要选择好的时间和天气来开展检测工作，例如避开雷雨大风或者是炎热的天气，让检测工作做得更加全面和细致。为了更形象地说明优化前后的检测效果情况，优化前后检测效果对比表如表2所示。

4 结语

基于超声波检测技术，在某油气储运场站的管道设备中应用超声波检测技术来检测其中的腐蚀缺陷。经实验后可知，通过该检测方法可准确检测出管道设备壁厚减薄、局部点蚀等腐蚀缺陷，有利于给工作人员提供可靠的参考数据，为后续的工作方案制定给出合理化建议奠定基础。如表1为现场检测情况，从表中数据可以清楚地看出每个管子的情况。同时，分析了超声波检测技术存在的检测范围小、检测数据处理速度慢以及适用现场环境窄的问题，在此基础上提出利用多探头组合检测+数值模拟的方法，引进大数据分析技术及编写专用软件的方法，改进检测仪器、检测工艺等相应的解决方法，使用了上述优化方式提高了超声波检测的技术效果。

参考文献：

- [1] 杜忻洁, 郭霄雄, 齐昌超. 基于风险的场站管道不停输检测技术及其应用 [J]. 油气田地面工程, 2018, 37(03):19-21.
- [2] 谭达真. 超声导波技术在场站管道检测中的应用 [J]. 装备制造技术, 2019, (02):108-113.
- [3] 浦哲, 石生芳, 任彬, 等. 瞬变电磁法在门站管道检测中的应用 [J]. 特种设备安全技术, 2019, (06):22-24.
- [4] 张响, 孙明, 沈佳园, 等. 场站架空管道点蚀组合检测技术及应用 [J]. 中国特种设备安全, 2021, 37(09):20-22+26.
- [5] 蔡康健, 周云奕, 张玉媛, 等. 石油管道场站关键设备物联网感知技术探讨 [J]. 物联网技术, 2023, 13(10):45-48.

作者简介：

翁建军（1973-），男，汉族，江苏人，本科，初级工程师，研究方向：油气储运。

表2 超声波检测技术优化前后效果对比表

评价指标	优化前	优化后	改善幅度
复杂结构区域检测准确率 (%)	65	92	27%
数据处理效率 (条 / h)	30	150	120 条 / h
高温环境 (40°C 以上) 检测精度误差 (%)	8	3	5%
潮湿环境 (湿度 80% 以上) 检测精度误差 (%)	10	4	6%
漏检率 (%)	12	3	9%