

石油储罐腐蚀在线监测与检测技术

张秀吉 高文欣 王 震 (斯坦德检测集团股份有限公司, 山东 青岛 266000)

摘 要: 石油储罐腐蚀极大降低了原油储运安全性, 易引发安全事故及油品渗漏问题, 为避免事故发生, 应做好石油储罐腐蚀在线监测及检测。基于此, 本文首先分析了石油储罐的腐蚀机理, 讨论以多电极阵列传感器为核心的石油储罐腐蚀在线监测技术, 进一步探析不同的石油储罐腐蚀检测技术, 旨在通过及时发现储罐腐蚀隐患而避免安全事故及油品泄露问题的发生, 以供参考。

关键词: 石油原油; 储罐; 腐蚀; 在线监测; 检测技术

0 引言

原油是指尚未得到加工处理的油品, 其属于多烃类液态混合物, 原油借助储罐进行运输时, 氯化物、沉积水、微生物、硫化物等成分将会集中至储罐内, 当打造一定条件后则可能出现电化学腐蚀、冲刷堆积腐蚀等问题。为防止储罐腐蚀问题而引发安全事故, 必须借助在线监测手段、检测技术而观测石油储罐状态, 若发现石油储罐存在腐蚀隐患, 则可及时预防处理, 继而起到规避安全事故的作用。

1 石油储罐腐蚀机理分析

石油储罐存储与运行石油原油过程中可能受到各类因素影响而引发腐蚀问题, 极大增加安全事故发生概率, 为更好地完成腐蚀在线监测及检测, 应明确石油储罐腐蚀机理。石油储罐腐蚀机理共有两种, 其一为电化学腐蚀, 其二为冲刷堆积腐蚀。

1.1 电化学腐蚀

石油原油本身成分包括水分, 而当原油水分与储罐水蒸气结合后, 则会产生凝结状态水, 随后下沉并集中至储罐底部。在储罐内部, 凝结状态水处于流动状态, 但原油发生流动时会形成粘附, 导致水分于储罐底部汇集并发生聚集反应。通常情况下, 石油原油储罐为疏导水分多增设专用排水管, 但受到结构局限, 专用排水管最底部仍高于储罐底部, 这就导致即使运用专用排水管而完成了大部分水分疏导, 但储罐底部仍残余少部分水分汇集。为防止该部分水分影响储罐性能, 多采用涂层方式而加固处理储罐底部, 用于增强储罐密封性, 削弱储罐腐蚀危害程度。但结合储罐实际运行过程可见, 石油原油在储罐中长期运输期间, 沉积水持续渗透, 随着渗透程度的延伸, 则会不断降低储罐底板与涂层防护层之间的粘结性, 大幅削弱涂层隔绝及防护效果。而沉积水内部具有诸多腐蚀因子, 当该类腐蚀因子接触储罐底部后, 受到导电作用影响,

高化学性质离子将会发生化学反应, 由此出现腐蚀问题。储罐内沉积水多呈现为弱酸性及中性, 若沉积水内具有较多氯离子, 其与储罐底板接触后则与金属离子发生电化学反应, 对储罐表面氧化层造成破坏, 引发储罐腐蚀问题。

1.2 冲刷堆积腐蚀

石油原油液体在存储运输期间不断冲刷表储罐金属表层, 受到冲刷作用影响而导致储罐表面钝化膜保护效果逐渐降低, 此外, 在冲刷过程中, 液体内部腐蚀介质将会与储罐表层发生接触, 继而产生电化学反应, 引发局部冲刷腐蚀。此外, 处于储罐内部的石油原油在存储运输期间处于流出、流入动态交替状态下, 而在此期间, 储罐内部液态油与底部沉积水出现大幅度波动, 引发混流现象, 此时原油将会持续冲刷储罐底部, 在腐蚀流体冲刷堆积作用下, 储罐保护膜及金属离子脱落, 油品直接接触储罐金属表面, 极大加快了储罐的腐蚀速度。

2 石油储罐腐蚀在线监测方法讨论

2.1 在线监测原理

储罐遭受腐蚀后易出现油品泄露等事故, 为降低事故发生概率, 需定期检查石油原油腐蚀程度, 通过腐蚀检测而了解储罐状态。在信息化时代背景下, 可应用传感器等装置采集与统计储罐状态参数, 借助腐蚀传感器而了解多电极上的电流标准偏差, 分析储罐非均匀性局部腐蚀穿透程度, 判断储罐是否存在缝隙腐蚀、点蚀等问题。采用矩阵陈列的方式将传感器布置于多个电极区域内, 传感器探头电极由多个外部回路耦合的多电极构成, 可对储罐腐蚀区域进行模拟, 若储罐存在局部腐蚀问题, 微电极电流将会发生移动, 由产生局部腐蚀问题的阳极区域的逐渐移动至阴极区域内, 此时通过观察微电极电流的运行状态则可判断是否存在腐蚀问题。在此基础上, 可借助传感器耦合

多电极而明确储罐腐蚀穿透速率,提高腐蚀监测效果。

为保障在线监测效果,可于耦合点与电极之间布置电阻,当腐蚀电极电流穿过电阻后,将会引发电压降,此时运用纳伏计可对电压降进行测量,并完成电流推导。科学设置电阻后,可有效控制电压降,使其无法对电化学反应造成干扰,而在此前,在线监测技术系可采集特定时间段内电极电流值情况,通过电流值变化而实时在线分析石油储罐是否存在腐蚀隐患。

2.2 安装传感器

用于在线监测的传感器装置可按照其用途差异而采用不同方式进行布置,选用不同尺寸及传感器封装系统。而在耦合多电极传感器内部,所能够加设的电极数相对有限,多低于储罐腐蚀区域数量。为准确监测得出储罐最大腐蚀电流区域,需于石油储罐内部布置在线监测探头,而在具体监测期间,在线监测系统所设置的探头电极不会影响储罐电化学腐蚀过程,能够直接完成储罐腐蚀电流参数的采集测量,因此,在石油储罐腐蚀检测技术中,传感器在线监测方式得到了广泛应用。腐蚀在线监测系统安装运行后,能够实时监测与确定储罐各个区域(如壁板、底板等)的腐蚀状况,并清晰直观呈现局部腐蚀程度,继而便捷化完成石油储罐腐蚀在线监测活动^[1]。

当储罐金属表面发生局部腐蚀问题后,电流由腐蚀程度高的阳极区域逐渐转移至阴极区域,一旦发生电流转移现象,则会被传感器测量,且根据电流程度而分析石油储罐腐蚀穿透程度,并以此为依据进一步进行测算,得出石油储罐腐蚀穿孔规模,并完成对石油储罐腐蚀环境的判断分析。

3 石油储罐腐蚀检测技术探析

3.1 声发射技术

3.1.1 声发射检测原理

声发射属于材料局部快速释放能量形成弹性波的物理现象,当材料结构发生变化后,材料内部应力根据结构调整而重新分布,继而出现弹性波。当石油储罐发生电化学腐蚀或冲刷沉积腐蚀后,储罐金属表面受到腐蚀影响而必然会改变原有的材料结构,而声发射频谱特征与材料性能、发射规律、应力特征相关,因此可根据声发射现象的弹性波差异而确定石油储罐腐蚀程度。

依托于声发射技术检测石油储罐腐蚀情况时,受到腐蚀影响而储罐金属载荷发生变化,腐蚀减薄区出现变形问题,并表现为腐蚀层开裂、脱落、泄露,此时储罐金属材料则会出现声发射信号。腐蚀监测期间,

储罐主要具有两种声发射源,其一为腐蚀程度较高区域在载荷形变状态下所出现的声源,其二储罐腐蚀出现泄露后,石油液体流动而引发的声源。声发射技术应用之前,需按照特定阵列方式布置换能器,借助该换能器而采集确定储罐所发出的“声源”信号,提供分析该类“声源”信号则可得出储罐腐蚀程度^[2]。

3.1.2 声发射应用检测

声发射检测技术应用期间,需根据石油储罐检测维修记录而制定技术应用方案,基于检测方案确定石油储罐声发射信号后,基于波形及参数展开滤波处理,对储罐腐蚀程度进行评估评价,并以此为依据制定储罐腐蚀维修策略。声发射检测技术主要依靠传感器检测声发射源,根据声发射源的具体表现而分析储罐材料是否存在内部缺陷,并根据分析结果而确定腐蚀等级。通常情况下,声发射检测设备通常安装至石油储罐底部区域,该区域出现腐蚀问题的概率最高,一旦石油储罐底部出现腐蚀问题,储罐金属材料结构发生变化,产生声发射源,并会被检测设备捕捉发现,继而实现储罐腐蚀问题的实时检测。结合储罐底部腐蚀来看,当石油储罐底部遭受腐蚀而发生泄露问题后,原油则会通过腐蚀泄露孔而发生流动,出现湍流噪声,若液体介质内掺有其他杂质颗粒,其所产生的“声源”信号将会更加丰富,受到杂质干扰而导致泄露孔堵塞后,“声源”信号随之发生变化,此时则可通过声发射检测技术定位腐蚀泄露点,了解储罐腐蚀程度。

3.1.3 声发射传感器配置

为确保声发射检测技术能够切实发挥出应有作用,需科学配置声发射传感器,具体安装配置期间,将传感器设置于距离储罐底部约0.3m的壁板结构上,要求传感器高于储罐沉积物高度,安装设置传感器时应注意,各个声发射传感器应尽可能等距离铺设,并形成闭环状态。按照以往检测经验来看,若储罐低于5000m³,传感器安装数量应为4~8个,若处于5000~20000m³之间,适宜安装传感器8~12个,若超过20000m³,则要求传感器安装数量至少为12个。

3.2 漏磁检测技术

3.2.1 漏磁检测原理

于石油储罐外部设置磁化装置将其磁化后,可于储罐内构成感应磁场,若储罐具有腐蚀缺陷,感应磁场内磁力线将会渗漏至储罐外部,并产生漏磁场,继而完成对石油储罐腐蚀缺陷的检测。漏磁检测原理具体可见图1,借助漏磁检测技术检测石油储罐时,需借助电磁铁、永久磁铁等磁化装置完成石油储罐漏磁

检测, 辅以阵列磁场探头进行扫描, 完成磁化装置布置后, 储罐被检测区域逐渐被磁化, 随后达到近磁饱和状态, 当储罐具有腐蚀缺陷后, 磁场传感器能够将腐蚀缺陷引发的漏磁信号转化至电信号, 扩大信号并进行滤波处理, 同时可根据磁场信号特征而得出石油储罐腐蚀状态, 继而实现对石油储罐腐蚀缺陷的精准检测。

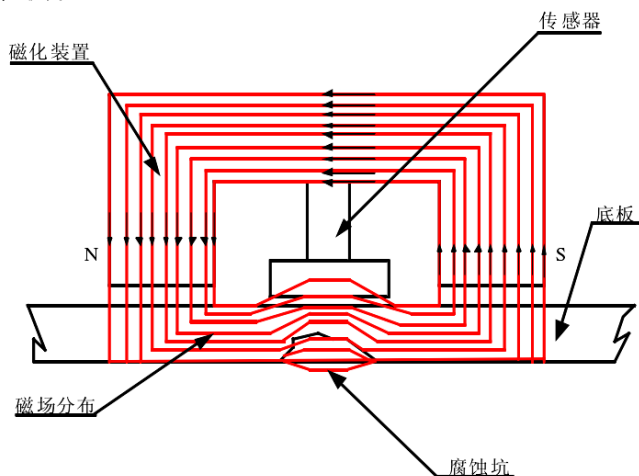


图1 检测原理图

3.2.2 漏磁检测过程

对漏磁技术在石油储罐腐蚀检测过程中的应用要点进行总结, 具体如下: ①检查石油储罐腐蚀缺陷之前, 需完成清罐作业, 将石油储罐排空并清洗, 用于保障储罐腐蚀检测精度; ②漏磁检测仪器启动之前做好预热工作, 并依据石油储罐地板厚度情况精细化设置探头提离值; ③标定漏磁检测仪器, 借助校准试板测试检测仪器功能, 在此基础上注意调节传感器高度及检测仪器设定参数; ④对石油储罐基准进行确定, 同时绘制底板图, 做好储罐底板的编号工作, 以便后续精准定位储罐腐蚀点; ⑤合理选择石油储罐漏磁检测模式, 根据实际需求而确定自动模式或手动模式, 并做好漏磁检测扫查速度的均匀设定。

3.2.3 检测注意事项

为有效发挥出漏磁技术在储罐腐蚀检测中的作用, 需注意以下方面: ①对检测仪器进行校准时, 若发现储罐底部仍存有涂层, 此时应设置与涂层厚度一致的弹性垫片; ②漏磁仪器校准扫查完成后, 为防止剩磁场对石油储罐腐蚀检测过程产生干扰, 需沿反方向再次扫查; ③对石油储罐底部进行漏磁检测时, 需沿底板长轴方向检测, 要求检测范围全面覆盖, 相邻检测区域能够有效重叠, 杜绝石油储罐腐蚀问题漏检现象; ④若发现障碍物对腐蚀检测过程造成干扰, 则需结合实际情况将其拆除。

从石油储罐腐蚀检测实际操作角度来看, 漏磁检测技术应用之前需进行清罐, 而上文提及的在线监测方式及声发射检测技术无需清罐处理, 优势更为显著, 从这一视角上看, 漏磁检测技术便捷性不足, 但该方式处于传统典型的储罐腐蚀检测技术, 能够保障检测精度, 仍具有良好的应用空间。

3.3 焊缝腐蚀检测

石油储罐底部存在一定数量的焊缝结构, 而储罐底部是发生腐蚀缺陷的主要区域, 因此, 为实现对石油储罐腐蚀问题的有效检测, 需重点检测储罐焊缝结构。对石油储罐焊缝结构检测方法进行总结, 具体如下: ①采用真空试漏的方式全部检测储罐底部所有焊缝, 真空试漏期间要求负压至少为 53kPa; ②辅以气密性试验方式, 对储罐密封效果进行检测; ③采用渗透检测的方式全面检测储罐各个区域的“T”型焊缝; ④采用抽样检测方式进行超声波探伤。检测石油储罐焊缝结构的方式较多, 若针对焊缝结构展开腐蚀检测, 需体现处理焊缝, 采用渗透检测法对“T”型等典型焊缝进行检测, 同时结合焊缝结构特征确定腐蚀检测面尺寸, 以此确保焊缝腐蚀检测效果, 并做好焊缝咬深、卷度、高度的精准测量。现阶段最为常用的石油储罐焊缝腐蚀检测方法为渗透探伤技术, 其主要借助着色渗透剂、渗透液检测石油储罐表面金属材料是否存在缺陷, 根据渗透显像材料吸收情况完成腐蚀问题定性描述。除此之外, 辅以真空试漏技术, 用于检测石油储罐焊缝泄露问题, 在此基础上应用超声波探伤技术, 将超声波转变为电信号显示于电子设备上, 直观清晰反映石油储罐焊缝腐蚀现象, 若经检测发现储罐存在腐蚀问题, 则可根据检测结果针对性处理。

4 结束语

综上所述, 石油储罐受到电化学腐蚀及冲刷沉积腐蚀的影响可能出现安全事故, 引发渗漏问题, 为降低腐蚀危害程度, 需做好石油储罐的腐蚀检测。在当前时代背景下, 可引入在线监测技术实现储罐腐蚀实时检测与控制, 此外, 还可灵活运用声发射技术、漏磁检测技术、焊缝腐蚀检测技术, 对石油储罐腐蚀隐患全方位检测, 及时发现潜在腐蚀问题, 避免引发安全事故。

参考文献:

- [1] 李广财. 原油储罐的腐蚀机理及防护技术探究 [J]. 工程建设与设计, 2022(24):104-106.
- [2] 樊文娟, 曹钜昊, 姬忠文, 等. 原油储罐内腐蚀机理与防护 [J]. 焊管, 2022, 45(10):65-68.