



团 体 标 准

T/CCSAS 020—2022

常压储罐腐蚀监测方法与实施指南

Guidelines for methods and implementation of corrosion monitoring on
atmospheric storage tanks

2022-12-21 发布

2022-12-21 实施

中国化学品安全协会 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 监测前准备	2
5 监测实施	4
6 监测数据评估	7
7 监测系统的建立与管理	8
附录 A (资料性) 常压储罐腐蚀监测技术选择参考	9
参考文献	12

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国化学品安全协会提出并归口。

本文件起草单位：中石化安全工程研究院有限公司、中国石油化工股份有限公司镇海炼化分公司、中国石油化工股份有限公司茂名分公司、中韩（武汉）石油化工有限公司、岳阳长岭设备研究所有限公司、南京金炼科技有限公司。

本文件主要起草人：屈定荣、白永忠、韩磊、刘小辉、张艳玲、严伟丽、邱枫、赖江强、黄贤滨、吴建平、单广斌、龚德胜、陈文武、杜进、兰正贵、邱志刚、叶成龙、刘艳、刘曦泽、牛鲁娜、冯煜、陈闽东、刘腾飞、张伟亚、刘媛双、申志远、宁志康。

引 言

本文件旨在为常压储罐实施腐蚀监测提供技术参考,规范腐蚀监测作业,推动先进技术的应用,保障储罐安全长周期运行。

本文件不排除其他方法的使用,但使用时需考虑方法的局限性。

常压储罐腐蚀监测方法与实施指南

1 范围

本文件规定了常压储罐腐蚀监测的方法、实施过程和要求。

本文件适用于炼油及化工企业储存石油、石化产品及其他类似液体的立式圆筒形钢制焊接常压储罐的腐蚀监测。其他企业常压储罐的腐蚀监测可以参照本文件执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 16545 金属和合金的腐蚀 腐蚀试样上腐蚀产物的清除

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

腐蚀监测 **corrosion monitoring**

在储罐运行状态下,采用各种技术手段对其腐蚀状况或所处介质环境的腐蚀性进行的测量。

3.2

超声波测厚 **ultrasonic thickness measurement**

利用超声波脉冲反射原理测量被检件厚度的无损检测方法。

3.3

腐蚀挂片监测 **corrosion coupon testing**

通过对放置在腐蚀环境中一定时间的腐蚀试片进行质量损失测量,计算腐蚀试片平均腐蚀速率,同时观察试片表面宏观和微观腐蚀形貌等的一种腐蚀监测方法。

3.4

声发射检测 **acoustic emission testing**

通过检测材料中局部能量快速释放而产生的瞬态弹性波进行活动缺陷、腐蚀或泄漏等声发射源定位及定性的无损检测方法。

3.5

红外热成像检测 **thermographic inspection**

利用红外辐射原理对被检件进行热成像的无损检测方法。

3.6

超声波 C 扫描 **ultrasonic C-scan**

通过二维图像显示被检件特定横截面超声回波信息进行缺陷定位、定性及定量的超声检测方法。

3.7

导波检测 **guided wave testing**

通过在构件中激励出沿构件传播的导波并接收回波信号进行缺陷定位、定性及定量的无损检测

方法。

3.8

罐/地极化电位监测 tank-to-soil polarized potential monitoring

对施加了阴极保护的储罐部件与其相邻土壤电解质之间消除 IR 降后的电位差进行的实时测量。

3.9

分布式光纤温度监测 distributed optical fiber temperature sensing

通过基于光时域反射原理和拉曼散射温度效应的光纤对整个光纤长度上对应光纤路径分布的温度进行的实时连续测量。

3.10

在线腐蚀探针 online corrosion monitoring probe

基于物理学或电化学原理的探头,能够实时连续测量介质环境的腐蚀性。

3.11

涡流检测 eddy current testing

利用导电材料中感应产生涡电流的电磁效应评价被检件的无损检测方法。

3.12

脉冲涡流检测 pulsed eddy current testing

利用脉冲电磁场感应在导体试件中产生感生瞬变涡流(脉冲涡流),利用脉冲涡流产生的电磁效应评价被检件的无损检测方法。

3.13

电磁超声检测 electromagnetic ultrasonic testing

以电磁声换能器作为超声波或超声导波激励、接收核心器件,利用电磁感应和电磁致伸缩原理在工件中产生和接收超声波进行的超声检测。

4 监测前准备

4.1 相关数据收集

对储罐进行腐蚀监测前应收集相关数据,主要包括设计、施工、验收、使用(检验、维护和修理)等过程中产生的数据以及储罐运行过程中异常事件和事故的统计数据。数据收集具体内容包括但不限于以下内容:

- a) 储罐(包括涂层、保温和衬里)投用、修理、改造日期;
- b) 储罐涂层、保温和衬里施工质量检测;
- c) 储罐的最高液位、操作温度、操作压力及其他运行数据;
- d) 储罐储存的工艺介质种类、含量;
- e) 储罐各层壁板、顶板、底板及接管的建造材料、名义厚度;
- f) 储罐基础类型、底板类型、土壤电阻率、阴极保护类型等;
- g) 储罐排水设施、盘管和加热器情况;
- h) 储罐历次检验和检测的记录与报告;
- i) 储罐建造、修理、改造所使用的设计标准规范及相应的记录和报告;
- j) 储罐系统工艺操作规程、工艺流程图、管道及仪表流程图等;
- k) 储罐系统中的泄漏探测系统、隔离系统等信息资料;
- l) 储罐相关附件资料;
- m) 储罐的规格参数(直径、高度、容积等);
- n) 储罐所在地区的风、雪等气象资料;

- o) 储罐泄漏等异常事件(或事故)报告、失效分析报告;
- p) 储罐合于使用性评价报告;
- q) 储罐各类风险清单、管控措施和事故应急预案。

4.2 监测方案制定

4.2.1 实施腐蚀监测前应制定监测方案,明确监测对象、方法、部位、监测周期、监测数据的管理等。

4.2.2 腐蚀监测方案应针对不同介质、不同工况、不同部位的腐蚀情况,综合考虑其适用性、有效性、可靠性、安全性和经济性。

4.2.3 在分析储罐腐蚀监测方法特点及适用范围的基础上,应考虑储罐实际情况,使用一种或多种储罐腐蚀监测方法,达到准确测量的目的。

4.2.4 监测周期应根据被监测对象的腐蚀机理及严重程度、所选择监测方法的特点,以及监测成本等综合确定。表 1 列出了常见腐蚀监测方法的监测周期建议。

表 1 常用腐蚀监测方法监测周期建议

序号	监测技术	是否介入式	是否实时在线	灵敏度	监测周期建议
1	超声波测厚	否	是	中	1 个月~1 个开罐周期,当采用在线超声波测厚时为实时在线测量(监测周期可设为 1 h~1 d)
2	腐蚀挂片	是	否	低	1 个开罐周期
3	声发射检测	否	否	高	1 个开罐周期~1 个检验周期
4	红外热成像检测	否	是	中	1 个月~1 个季度
5	超声波 C 扫描	否	否	中高	1 个开罐周期~1 个检验周期
6	导波检测	否	否	中高	1 个开罐周期~1 个检验周期
7	罐/地极化电位监测	否	是	高	断电电位测量 1 个月~1 个开罐周期,通过恒电位监测通电电位 1 d~1 个月
8	分布式光纤温度监测	否	是	高	实时在线测量(监测周期可设为 1 min~1 h)
9	在线腐蚀探针	是	是	高	实时在线测量(监测周期可设为 1 min~1 h)
10	涡流检测	否	否	中高	1 个开罐周期~1 个检验周期
11	脉冲涡流检测	否	否	中高	1 个开罐周期~1 个检验周期
12	电磁超声测厚	否	否	中	1 个月~1 个开罐周期,当采用在线超声波测厚时为实时在线测量(监测周期可设为 1 h~1 d)
13	腐蚀介质分析	—	是	中	1 d~1 个月

4.3 监测方法选择建议

4.3.1 根据储罐储存介质及所处环境不同,宜对腐蚀介质进行分析,包括储存介质、罐底沉积水、土壤等。

4.3.2 对运行状态下储罐的均匀腐蚀和点蚀进行离线监测宜采用超声波测厚、超声波 C 扫描、涡流检测等方法。

4.3.3 对运行状态下储罐的均匀腐蚀和点蚀进行在线监测宜采用超声波测厚、腐蚀挂片、在线腐蚀探

针等方法。

4.3.4 对保温层下的储罐罐壁或附属管线宜采用导波、脉冲涡流检测进行筛查,对于问题部位再采用目视检查、超声波测厚等方法进一步检测确认。

4.3.5 对储罐罐底板腐蚀和泄漏、罐体母材和焊缝的表面及内部缺陷发生与扩展宜采用声发射检测方法进行筛查,以确定问题区域,进一步缩小检测范围。

4.3.6 对储罐内相界面(如液位、原油罐底淤泥高度)以及局部保温破损的监测宜采用红外热成像检测方法。

4.3.7 对施加了外加电流阴极保护的储罐底板外侧应进行罐/地极化电位监测,判断保护效果。

4.3.8 对运行过程中有硫化亚铁(FeS)产生的浮顶罐宜采用分布式光纤温度监测或红外热成像检测,判断 FeS 自燃可能性。

4.3.9 储罐各种腐蚀监测方法的特点和使用范围见附录 A。

5 监测实施

5.1 监测部位选择原则

5.1.1 原油罐宜重点对罐底板内外侧、顶圈壁板、底圈壁板自罐底向上 1 m 处、边缘板延伸至罐壁外侧的部分、外浮盘易积水部位等进行监测。

5.1.2 污水罐宜重点对罐底板内侧、罐顶板、罐壁板、有浮盘储罐的浮盘等部位进行监测。

5.1.3 其他物料的储罐宜根据储存物料性质及储罐所处腐蚀环境,重点对可能存在水环境的罐底板内外侧、罐顶板、罐壁板、浮顶罐内浮盘等部位进行监测。

5.1.4 宜对附属结构与罐体(特别是带有保温的储罐)连接处,如盘梯支撑、消防喷淋圈支撑等部位进行重点监测和宏观检查。

5.1.5 储罐腐蚀监测的重点关注部位和推荐的监测技术见附录 A。

5.2 监测过程要求

5.2.1 基本要求

5.2.1.1 每个监测部位的设置位置都应有相关图纸和现场标识。

5.2.1.2 当采用 2 种及以上腐蚀监测方法进行联合在线监测时,2 个监测点位置间距宜不小于 0.5 m。

5.2.2 超声波测厚

5.2.2.1 超声波测厚应当设置固定的测点。对罐壁底部两圈壁板的每块板沿竖向至少测 2 个点,其他圈板可沿盘梯每圈板测 1 个点。拱顶罐每块罐顶板至少测 2 个点。测厚点应固定,设有标志,并按编号做好测厚记录。有保温层的储罐,其测厚点处保温层应制作成活动块便于拆装。

5.2.2.2 为了提高测量准确性,宜对 2 倍于探头直径区域内的接触面进行打磨。对于腐蚀严重区域,由于其表面粗糙、包含点蚀坑或其他缺陷,反射率低,会影响测量灵敏度,应以测点为中心,在直径 $\phi 30$ mm 区域内做多点测量,把测得的最小值作为测量结果。

5.2.2.3 对于低于 0 °C 的测量,所选用的耦合剂凝固点应低于测试温度,并且保持其声学特性。对于高于 60 °C 的测量,应采用高温探头和耦合剂,同时需要对厚度读数进行温度校正,探头的接触时间应限制在厂商建议的最短时间。

5.2.2.4 电磁超声换能器为非接触式测量,不需要耦合剂,对于高温测厚,推荐采用电磁超声测厚。对于无保温的钢制储罐可采用爬壁机器人检测,不需要搭设脚手架。

5.2.2.5 超声波测厚参考 GB/T 11344、SY/T 6858.5 的要求进行。电磁超声测厚参考 GB/T 34885、

GB/T 20935.2 的要求进行。

5.2.3 腐蚀挂片

5.2.3.1 腐蚀挂片为介入式测量,对于在役储罐,可以从采样孔等储罐附属监测孔处放入。

5.2.3.2 腐蚀挂片应根据罐体材质、涂层情况进行选择,包括当前设备所使用的材质和涂层,及备用、拟用的材质和涂层等。

5.2.3.3 腐蚀挂片应具有足够的厚度或至少 3 mm 厚以减少暴露过程中被腐蚀穿透的可能性。

5.2.3.4 对于每个监测位置一般宜设置至少 2 块平行挂片。挂片需要制作必要的支架或吊架,挂片之间以及挂片与金属架之间应保持电绝缘,可以采用聚四氟乙烯或陶瓷等材料进行绝缘。在高应力腐蚀开裂风险的环境中,支架或吊架应当采用适当的材质及加工工艺,防止发生开裂。

5.2.3.5 可回收样品架或挂片探针可以在运行过程中取样,当采用这种挂片方式时应考虑泄漏的风险,其组件应具有足够的耐蚀性,取样时应注意可能存在的高温及物料泄漏风险。

5.2.3.6 腐蚀挂片上应带有一个永久编号,安装时应记录挂片编号、重量、材质、几何尺寸、表面状态、安装日期、系统名称、挂片在系统内的安装位置、挂片和支架方向等信息。

5.2.4 声发射检测

5.2.4.1 声发射传感器可用磁夹具、胶带或其他机械装置固定,并在传感器与罐体金属表面之间使用耦合剂,以确保良好的声耦合。声发射传感器与前置放大器之间及前置放大器与信号处理器之间的信号电缆不应超过要求的长度,以减小信号衰减。为防止脱离以及由风引起电缆移动而产生额外的噪声,应对所有信号线进行约束。

5.2.4.2 对罐体进行声发射检测时,传感器布置应确保对罐体完整覆盖,其间距不超过根据其衰减特性确定的最大允许间距,应考虑如高应力区、几何不连续、接管、人孔、补强板及附件焊缝等部位的结构缺陷,应注意避免大开口部位对声信号的屏蔽和补偿角焊缝对声信号的衰减。对罐底板进行声发射检测时,传感器宜布置在距底板高 0.1 m~0.5 m 范围内的壁板上,而且要确保高于储罐内固体沉积物的高度,尽量采取同一高度,间距尽量保持均等,并成闭合环状分布。

5.2.4.3 一般情况下,储罐底板声发射在线检测液位宜位于最高操作液位的 85%~105%。特殊情况下,检测液位应至少高于传感器安装位置 1 m。检测前应稳定保持该液位静置 2 h 以上,然后进行至少 2 h 的声发射检测。检测时关闭进出口阀门及其他干扰源,如搅拌器、加热设施等。以适当方式对储罐罐体充液,且充液高度不得超过设定的最高液位,所用液体的温度应高于凝固点且低于沸点。

5.2.4.4 声发射检测参考 GB/T 26644、JB/T 10764 的要求进行。

5.2.5 红外热成像

5.2.5.1 对被检设备表面状态、外保温层情况、周围存在的热辐射源、大气辐射等进行分析,检测时应尽可能避免这些因素的干扰。先根据被测表面状况以经验数值设定红外发射率参数,必要时采用数字温度计对发射率进行校正。

5.2.5.2 检测时可先远距离(视野中包含 1/3 至全部被测对象)对被测设备进行全面扫描,再有针对性地近距离对重点部位或异常部位(视野中包含 1/3 至全部被测对象)进行准确检测,应对检出的温度异常部位做出标识,同时拍下对应的可见光照片。为了准确测温或方便跟踪观察,宜确定几个不同的最佳检测位置和角度,并做好标识,利于复测和对比。

5.2.5.3 红外热成像检测参考 GB/T 28706、GB/T 33651 的要求进行。

5.2.6 超声波 C 扫描

5.2.6.1 可采取人工扫查或采用能够准确控制扫查路径的机械装置扫查。检测前应按适当网格模式对

检测区进行编号。

5.2.6.2 对罐壁板进行扫描时,测量宜从地平面开始,宜重点关注浮顶储罐上没有涂层的罐壁上部的位
置。对罐顶或顶盖进行扫描时,宜重点关注罐顶表面凹陷处。

5.2.6.3 涂层会影响测厚的读数,宜采用能消除涂层影响的多重回声测量。对于带有保温的储罐,只有
当罐壁或罐顶确实需要鉴定时,方可拆除保温进行检测。

5.2.7 导波检测

5.2.7.1 对检测现场所有可能影响检测的因素进行分析,如内部或外部附件的移动、电磁干扰、机械振
动和流体流动、外保温层等,尽可能排除干扰因素。根据所采取的导波激励形式、传感器安装要求等对
传感器安装部位进行表面处理,采用机械夹具、磁夹具或其他方式将传感器固定在被检设备表面,使传
感器与被检设备表面达到良好的声耦合。对于高温构件,可以采用高温传感器或非接触的电磁超声与
磁致伸缩超声导波传感器。

5.2.7.2 导波检测参考 GB/T 31211、GB/T 28704 的要求进行。

5.2.8 罐/地极化电位监测

5.2.8.1 测量未施加阴极保护的罐/地自然电位。

5.2.8.2 采用断电法测量瞬时断电电位,即罐/地极化电位,也称为储罐罐底外壁阴极保护电位。确认
阴极保护系统运行正常,断开与储罐底板直接连接的牺牲阳极组。对测量区间有影响的阴极保护电源
应安装电流同步断路器。为降低储罐迅速去极化的影响,断电期不宜超过 3 s。在测试点处用高阻电压
表连接储罐和参比电极,记录罐/地通电电位及断电电位,断电测量应在 0.5 s~1 s 内进行。

5.2.8.3 如果存在杂散电流或其他电流源且不能被中断时,宜采用测试探头或辅助试片来代替直接连
接储罐进行测量。

5.2.8.4 罐/地自然电位与瞬时断电电位之差为极化电位差,较常用于腐蚀电位较低的情况,如未涂覆
的或覆盖层失效的储罐。

5.2.8.5 罐/地极化电位监测参考 GB/T 50393、GB/T 21246、SY/T 0088 的要求进行。

5.2.9 分布式光纤温度监测

5.2.9.1 在条件允许时,采用焊接方式将光纤传感器或安装支点焊接在被测设备表面,使其紧密结
合,传感器焊接后应消除应力。可采用环氧树脂胶或特定其他胶将光纤传感器粘贴在被测设备表面,但
采用胶粘方式安装光纤时应在粘结有效期内使用。

5.2.9.2 光纤传感器可以用来监测储罐温度、应变和振动状态。

5.2.9.3 分布式光纤温度监测 FeS 自燃趋势时,对于容积大于 20 000 m³ 的内浮顶罐,沿浮盘边缘布置
光纤,监测空间分辨率不小于 1 m。

5.2.10 在线腐蚀探针

5.2.10.1 在线腐蚀探针为介入式测量,对于在役储罐,可以从采样孔、液位孔等储罐附属监测孔处放
入。探头的材质应根据罐体材质、涂层情况进行选择。腐蚀探针的设置位置应保证周围有足够的空间
进行探针的拆装操作。

5.2.10.2 电阻探针或电感探针可用于油相、气相或水相各种介质环境,而电化学探针适用于存在液态
水的储存环境。

5.2.10.3 在线腐蚀探针监测可参考 SY/T 6970 的要求进行。

5.2.11 涡流检测

5.2.11.1 可采取人工扫查或采用能够准确控制扫查路径的机械装置扫查。采用机械装置扫查时,检测

探头的移动速度和扫查路径应维持在检测程序中给出的公差允许范围内。检测前应按适当网格模式对检测区进行编号。

5.2.11.2 涡流检测参考 GB/T 30565、NB/T 47013.6 的要求进行。

5.2.12 脉冲涡流检测

5.2.12.1 脉冲涡流技术可在不拆除保温层的情况下对设备或管道进行基于壁厚减薄的检测,适合大范围快速扫查。脉冲涡流检测适用于碳钢、低合金钢等铁磁性材料。

5.2.12.2 被检表面应无大面积疏松的锈蚀层、焊疤及其他金属连接结构等。被检件材质一致,无较大振动。对于带有保温层的被检件,保温层应连续且厚度均匀。由于保温层原因不能保证检测的灵敏度和精度时,应去除部分或全部保温层。

5.2.12.3 选择已知壁厚区域或可进行超声波测厚的区域测量壁厚值作为脉冲涡流检测的参考值。

5.2.12.4 脉冲涡流检测参考 GB/T 28705、NB/T 47013.13 的要求进行。

5.2.13 腐蚀介质分析

腐蚀介质分析主要包括对罐底沉积水、土壤及污水罐中污水的化验或测试分析,包括但不限于以下项目:

- a) 罐底沉积水宜分析 pH 值、铁离子、电导率,根据需要还可分析溶解氧、盐含量、氯离子、硫化物、碳酸氢根、总碱度、细菌等;
- b) 土壤宜分析土壤电阻率,根据需要还可分析 pH 值、氧化还原电位、氯离子等;
- c) 污水应根据其来源及可能含有的腐蚀性介质确定分析项目,宜分析 pH 值、铁离子,还可分析溶解氧、氯离子、硫化物、碳酸氢根、氰根、总酚、细菌等。

6 监测数据评估

6.1 基本要求

6.1.1 腐蚀监测提供了关于腐蚀环境、腐蚀速率或腐蚀对设备设施影响的信息,应结合相关的工艺、设备、外界环境信息对腐蚀原因进行分析,对腐蚀风险进行评估,定期提供监测数据的分析评估报告。

6.1.2 当采用多种监测方法对储罐腐蚀进行监测时,应将不同方法获得的数据进行比较和分析,以进一步确认腐蚀风险评估结果,验证监测的准确性、可靠性。

6.2 腐蚀监测数据分析

6.2.1 当测厚数据用来评估储罐检验或检修间隔时间时,宜参照 SY/T 6620 的要求进行。

6.2.2 腐蚀挂片的暴露时间宜根据已知的腐蚀速率以及储罐操作的便利性确定。挂片探针可每隔3个月至1年更新一次挂片,监测频率根据实际腐蚀情况调整。取回的挂片应按照 GB/T 16545 进行处理、称重,检查表面腐蚀状况,计算平均腐蚀速率。对点蚀的评价参考 GB/T 18590。对涂层挂片的评价参考 GB/T 1766。

6.2.3 对罐体进行的声发射检测,其检测结果的分析及评价参考 GB/T 18182。对罐底板进行的声发射检测,其检测结果的分析及评价参考 JB/T 10764。

6.2.4 储罐的红外热成像检测可分析实测热像图,判断是否存在保温层缺陷以及缺陷的类型和严重程度。红外热像图还可提供罐内介质相界面的信息,如原油罐底淤泥高度、罐内液位等。

6.2.5 对于超声波 C 扫描检测出的缺陷或减薄部位宜采用其他方法进行确认。

6.2.6 超声导波监测信号的解释通常需要参考相关实验建立的数据库,将检测发现的缺陷信号与实验室对比试件测得的距离-幅度曲线进行比对,对检测结果进行分级。对于超声导波检测出的缺陷

应采用超声波检测等方法进行确认和精确测量。

6.2.7 罐/地极化电位应为 $-850\text{ mV} \sim -1\ 200\text{ mV}$ (相对于饱和铜/硫酸铜参比电极)。当低于 -850 mV 的保护准则难以达到时,可采用极化电位差大于 100 mV 的保护准则。

6.2.8 光纤传感器可监测温度,对 FeS 自燃趋势进行预警或反映液位等信息。还可监测应变和振动,通过综合分析光纤监测数据可以获得关于罐体变形情况和应力状态、物料泄漏、入侵事件等信息。

6.2.9 在线腐蚀探针监测数据可直接获得腐蚀速率。电化学噪声法的腐蚀探针可提供局部腐蚀倾向。带有涂层的电化学阻抗测试探头,可获得涂层性能。

6.2.10 涡流检测应采用对比试样调节检测灵敏度、调整检测参数、确定验收等级和保证检测结果准确性。根据设定的报警限对检测结果进行分级,对于涡流检测出的缺陷应采用超声波检测等方法进行确认和精确测量。

6.2.11 脉冲涡流检测结果应以列表形式逐点给出,必要时绘制出剩余壁厚示意图。对于检测出的缺陷或减薄部位应采用超声波测厚等方法进行确认和精确测量。

6.2.12 腐蚀介质分析数据可以为了解介质环境腐蚀性、采取适当防腐措施以及腐蚀失效分析提供依据。重要的腐蚀介质分析项目应纳入日常分析化验,并录入实验室信息管理系统(LIMS),以方便查询和统计分析。

7 监测系统的建立与管理

7.1 基本原则

各种腐蚀监测技术获得的数据应当建立台账,进行统一管理,当监测点位发生变化时,应当及时调整台账。宜建立储罐腐蚀监测和控制的信息化管理系统,将各种腐蚀监测数据、检验检查数据、维修数据、缺陷/故障等数据集中管理,结合储罐基础信息以及工艺和介质信息,对腐蚀风险进行综合分析和量化评估,并采取相应的控制措施。

7.2 数据传输

根据设置的监测点数量、分布范围,要求的数据采集频率等情况可选择人工间断读取模式或变送器数据远传模式。当采用数据远传模式时推荐采取无线信号传输方式,通信协议根据传输距离、传输速率和功耗要求进行选择,同时应满足运行方对于数据传输协议和格式的要求。

7.3 数据分析

腐蚀监测数据应与储罐内介质的变化、生产工艺的调整、腐蚀控制措施的执行等相结合,分析腐蚀趋势及其影响因素,定期编制腐蚀监测报告。软件系统应能够处理现场采集的监测数据,计算腐蚀速率等参数,绘制相应曲线或图像,便于确定腐蚀部位和腐蚀程度。

7.4 系统管理

应将储罐腐蚀监测纳入企业防腐管理及设备完整性管理体系并有效实施。根据监测数据及储罐实际运行情况,及时对腐蚀监测进行调整优化(包括监测方法、监测部位及测量频率等),实施动态管理,并为储罐的安全风险预警及检维修提供依据。

附录 A

(资料性)

常压储罐腐蚀监测技术选择参考

表 A.1 和表 A.2 分别给出了常压储罐常用的腐蚀监测技术及重点监测部位,可作为选择常压储罐腐蚀监测技术的参考。

表 A.1 常压储罐一般腐蚀监测技术的特点和适用范围

序号	监测技术	特点	适用范围	参考标准
1	超声波测厚	定量测量,准确可靠,点测量难以发现局部腐蚀	罐顶、罐壁	GB/T 11344、SY/T 6858.5、ISO 16809、SY/T 6620
2	腐蚀挂片	真实反映罐内腐蚀情况,介入式测量应用受限,响应时间长	罐内空间,一般用于选材和涂层评价	ASTM G4、ASTM G1、NACE SP0775、Q/SH 0468、GB/T 18590、ISO 10289、GB/T 1766
3	声发射检测	可在运行状态下监测裂纹等缺陷扩展、腐蚀活动,受外界干扰大,数据解释难度大	罐底板、罐壁,多用于对储罐底板腐蚀程度进行初步筛查	GB/T 26644、JB/T 10764、GB/T 18182
4	红外热成像检测	非接触非介入式测量,通过温度判断异常情况	可用于监测罐内相界面(如原油罐底淤泥高度、液位)及局部保温破损	GB/T 28706、GB/T 33651
5	超声波 C 扫描	面测量,可以反映均匀和局部腐蚀状况,测量效率和准确性较高	罐顶、罐壁	—
6	导波检测	面测量,可以反映均匀和局部腐蚀状况,测量效率高,缺陷检测的灵敏度和精度有限,受外界条件影响大,数据解释难度大	罐顶、罐壁、罐底边缘板,一般用于腐蚀缺陷初步筛查	GB/T 31211、GB/T 28704
7	罐/地极化电位监测	单一应用	采取了外加电流阴极保护的储罐底板外侧	GB/T 50393、GB/T 21246、SY/T 0088
8	分布式光纤温度监测	通过温度变化监测 FeS 自燃趋势	浮顶罐的浮盘密封圈周边	—
9	在线腐蚀探针	可对腐蚀速率进行实时在线测量,响应快,灵敏度高,介入式测量应用受限	罐内空间	ASTM G96、NACE Publication 3T199、SY/T 6970
10	涡流检测	面测量,可以反映均匀和局部腐蚀状况,非接触式测量,测量效率和准确性较高	罐顶、罐壁	GB/T 30565
11	脉冲涡流检测	面测量,无需拆除保温,测量效率和准确性较高	罐顶、罐壁	GB/T 28705、NB/T 47013.13

表 A.1 常压储罐一般腐蚀监测技术的特点和适用范围 (续)

序号	监测技术	特点	适用范围	参考标准
12	电磁超声测厚	定量测量,准确可靠,非接触式,无需耦合剂,可适用于高温及粗糙表面	罐顶、罐壁	GB/T 34885、GB/T 20935.2
13	腐蚀介质分析	测量的是介质环境的腐蚀性	罐底沉积水、土壤	—

表 A.2 常压储罐腐蚀监测的重点部位和推荐技术

储罐类型	部位	重点关注部位	推荐的监测技术
原油罐	罐底板	罐底板外侧	罐/地极化电位监测、腐蚀介质分析
		罐底板内侧	腐蚀介质分析、声发射检测、腐蚀挂片、在线腐蚀探针
	边缘板	罐壁外侧延伸部分的边缘板柔性密封防腐材料破损部位,边缘板与罐壁底圈角焊缝	超声波测厚、声发射检测、导波检测、涡流检测
	罐壁板	罐壁顶圈和底圈罐底向上 1 m 高度范围内,储罐附属结构与罐外壁连接处	超声波测厚、红外热成像检测、导波检测、超声波 C 扫描
	外浮盘	单盘容易存在积水的部位	超声波测厚、涡流检测、超声波 C 扫描
	罐基础	罐基础砼圈梁	预埋传感器
污水罐	罐底板	罐底板外侧	腐蚀介质分析
		罐底板内侧	腐蚀介质分析、声发射检测、腐蚀挂片、在线腐蚀探针
	罐壁板	整个水相空间	超声波测厚、导波检测、超声波 C 扫描
	浮盘	浮盘表面积累腐蚀产物 FeS, 容易发生 FeS 自燃	分布式光纤温度监测、红外热成像检测
	罐顶	罐顶内侧	涡流检测、超声波 C 扫描、超声波测厚、腐蚀挂片、在线腐蚀探针
其他物料 固定顶罐	罐底板	无圈梁容易有水渗入的罐底外侧	腐蚀介质分析
		存在积水的罐底内侧	腐蚀介质分析、声发射检测、腐蚀挂片、在线腐蚀探针
	罐壁板	气液相交界面部位,带有保温储罐的附属结构与罐外壁连接处	超声波测厚、红外热成像检测、导波检测、超声波 C 扫描
	罐顶	重质油罐、苯乙烯罐等容易产生结露的罐顶内侧	涡流检测、超声波 C 扫描、超声波测厚、腐蚀挂片、在线腐蚀探针

表 A.2 常压储罐腐蚀监测的重点部位和推荐技术（续）

储罐类型	部位	重点关注部位	推荐的监测技术	
其他物料	浮顶罐	罐底板	无圈梁容易有水渗入的罐底外侧	腐蚀介质分析
		存在积水的罐底内侧	腐蚀介质分析、声发射检测、腐蚀挂片、在线腐蚀探针	
	罐壁板	气液相交界部位,带有保温储罐的附属结构与罐外壁连接处	超声波测厚、红外热成像检测、导波检测、超声波 C 扫描	
	内浮盘	浮盘上表面积累腐蚀产物 FeS,容易发生 FeS 自燃	分布式光纤温度监测	
	罐顶	浮盘与罐顶之间的气相空间	涡流检测、超声波 C 扫描、超声波测厚、腐蚀挂片、在线腐蚀探针	

参 考 文 献

- [1] GB/T 1766 色漆和清漆 涂层老化的评级方法
- [2] GB/T 11344 无损检测 超声测厚
- [3] GB/T 18182 金属压力容器声发射检测及结果评价方法
- [4] GB/T 18590 金属和合金的腐蚀 点蚀评定方法
- [5] GB/T 20935.2 金属材料 电磁超声检测方法 第2部分:利用电磁超声换能器技术进行超声检测的方法
- [6] GB/T 21246 埋地钢质管道阴极保护参数测量方法
- [7] GB/T 26644 无损检测 声发射检测 总则
- [8] GB/T 28704 无损检测 磁致伸缩超声导波检测方法
- [9] GB/T 28705 无损检测 脉冲涡流检测方法
- [10] GB/T 28706 无损检测 机械及电气设备红外热成像检测方法
- [11] GB/T 30565 无损检测 涡流检测 总则
- [12] GB/T 31211 无损检测 超声导波检测 总则
- [13] GB/T 33651 设备及管道绝热层表面热损失现场测定 红外热像法
- [14] GB/T 34885 无损检测 电磁超声检测 总则
- [15] GB/T 50393 钢质石油储罐防腐蚀工程技术标准
- [16] JB/T 10764 无损检测 常压金属储罐声发射检测及评价方法
- [17] NB/T 47013.6 承压设备无损检测 第6部分:涡流检测
- [18] NB/T 47013.13 承压设备无损检测 第13部分:脉冲涡流检测
- [19] SY/T 0088 钢质储罐罐底外壁阴极保护技术标准
- [20] SY/T 6620 油罐的检验、修理、改建和翻建
- [21] SY/T 6858.5 油井管无损检测方法 第5部分:超声测厚
- [22] SY/T 6970 高含硫化氢气田地面集输系统在线腐蚀监测技术规范
- [23] Q/SH 0468 油田系统腐蚀挂片准备、安装及数据分析解释推荐做法
- [24] ASTM G1 Standard practice for preparing, cleaning, and evaluating corrosion test specimens
- [25] ASTM G4 Standard guide for conducting corrosion tests in field applications
- [26] ASTM G96 Standard guide for online monitoring of corrosion in plant equipment (electrical and electrochemical methods)
- [27] ISO 10289 Methods for corrosion testing of metallic and other inorganic coating on metallic substrates—Rating of test specimens and manufactured articles subjected to corrosion tests
- [28] ISO 16809 Corrosion of metals and alloys—Guidelines for corrosion test by electrochemical noise measurements
- [29] NACE Publication 3T199 Techniques for monitoring corrosion and related parameters in field applications
- [30] NACE SP0775 Preparation, installation, analysis, and interpretation of corrosion coupons in oilfield operations

